ELEKTROMYOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN DER KAU- UND EXTREMITÄTENMUSKULATUR WÄHREND DES NACHTSCHLAFS UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER SCHLAFTIEFE (EEG)

Walter Boos

1972

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546017_0039

AUS DER PROTHETISCHEN ABTEILUNG
Vorstand Prof. Dr. E. Kraft
DER KLINIK FÜR ZAHN-, MUND- UND KIEFERKRANKHEITEN
DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Direktor Prof. Dr. Dr. J. Heiss

ELEKTROMYOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN DER KAU- UND EXTREMITÄTENMUSKULATUR WÄHREND DES NACHTSCHLAFS UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER SCHLAFTIEFE (EEG).

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
verfaßt und einer hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Walter Boos

aus Füssen

München 1972

Mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter:	Priv.-Doz. Dr. Dr. P. Fuchs
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. E. Kraft
Dekan:	Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 19. 12. 1972

UNIV. LEIDEN BIBL.

DISSERTATIONS – und FOTODRUCK FRANK oHG
8000 München 2 · Gabelsbergerstr. 15 · Tel.: 2 80 90 90

Meinen Eltern
in Dankbarkeit gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1. Einleitung

1.1. Ziel und Zweck der Arbeit

1.2. Grundlagen

1.2.1. Die motorische Einheit

1.2.2. Das Innervationsverhältnis

1.2.3. Myographische Ableitung

1.2.4. Nachtschlaf EEG

2. Problemstellung

2.1. Graphische Gesamtdarstellung

2.1.1. Schlaftiefen

2.1.2. Schlaftiefenschwankungen

2.1.3. Vergleich der 2 Nächte einer Versuchsperson

2.1.4. Schlaftiefen und Muskelaktivität

2.1.5. Vergleich von Muskeln untereinander

2.1.6. Mikrovibration

2.1.7. Augenbewegungen

2.1.8. Herzfrequenz

2.2. Zeitliche Aufgliederung der Schlaftiefen

2.3. Muskelaktivitäten

2.3.1. Aktivitätsdauer der einzelnen Muskeln

2.3.2. Auftreten von Muskelaktivität in den verschiedenen Schlafstadien

2.3.3. K/t = Mittelwert der aufgetretenen Kontraktionen, K/min = Mittelwert der Kontraktionen pro Minute, Aktivitätsdauer

2.4. Schluckfrequenz

Seite

2.5. Muskelaktivität und Augenbewegungen

3. Versuchsanordnung und Auswertung

3.1.1. Versuchspersonen

3.1.2. Versuchsbedingungen

3.2. Elektromyogramm

3.2.1. Registriergerät

3.2.2. Elektrodenwahl und E.Lage

3.3. Elektroencephalogramm

3.3.1. Registriergerät

3.3.2. Elektroden und E.Lage

3.3.3. Auswertung des EEG

3.4. Das Oculogramm

3.5. Mechanogramm

3.6. Das EKG

4. Ergebnisse

4.1. Graphische Übersichtsdarstellung

4.1.1. Schlaftiefenverlauf

4.1.2. Muskelaktivität

4.1.3. Mechanogramm

4.1.4. Augenbewegungen

4.1.5. Herzfrequenz

4.2. Verteilung der Schlafstadien über die Nacht

4.3. Verteilung der Muskelaktivität

4.3.1. in Gesamtdauer ihres Auftretens

4.3.2. auf die einzelnen Schlafstadien

Seite

4.4. K/t, K/min, Aktivitätsdauer

4.5. Schluckfrequenz

4.6. Beziehungen zwischen Muskelaktivität und Augenbewegungen

4.7. Kritik der Ergebnisse

5. Besprechung der Ergebnisse

6. Zusammenfassung

7. Anhang: Abbildungen, Tabellen

8. Literaturverzeichnis

1. Einleitung

1.1. Ziel und Zweck der Arbeit

Neue Untersuchungen über die Physiologie des Kauapparates mittels elektronischer Hilfsmittel wie Elektromyographie, Telemetrie, Kinematographie, haben dazu geführt, das Kauorgan nicht mehr nur unter dem Aspekt der Zähne und deren Okklusion zu betrachten. Vielmehr geht man davon aus, daß das Kauorgan eine integrierte, funktionelle Einheit bildet, bestehend aus okkludierenden Zahnreihen, Kiefergelenk und Muskulatur. Die einzelnen Teile stehen dabei in so enger wechselseitiger Beziehung, daß weder eines überbewertet werden, noch andere unterbewertet werden sollten.

Weniger Beachtung unter diesen Faktoren fand in der Literatur bisher der neuromuskuläre Aspekt, obwohl gerade der Muskulatur und ihrer Innervation als aktiver Komponente bei der Entstehung funktioneller Erkrankungen sicher eine hohe Bedeutung zukommt.

Da tagsüber bei der Nahrungszerkleinerung und anderen, bewußt ausgeführten Aktionen, die Muskulatur einer sensibel reflektorischen Steuerung unterliegt, ist anzunehmen, daß sich ihre Tätigkeit in physiologischen Grenzen hält (14).

Diese Annahme wird erhärtet u. a. durch SCHAERER, STALLARD und ZANDER (30), die aus ihren Untersuchungsergebnissen folgern: "Der Unterkiefer wird beim Kauen von leichten Kontakten der Zahnreihen gesteuert, aber er bewegt sich mehr in den Grenzen der Okklusion, als daß er direkt durch die Okklusion geführt wird. Daher ist es ausgeschlossen, daß beim Kauen starke Abrasionen entstehen, oder daß die Parodontien traumatisiert werden."

Anders verhält es sich jedoch während des Nachtschlafes, der unbewußten Phase. KRAFT (22) schreibt: "Es ist denkbar, daß eine Leermastikation während des Nachtschlafs unter einem ungleich höheren Kraftantrieb erfolgen kann, da die sensible Kontrolle gemindert, wenn nicht gar ausgeschaltet ist. Diese Vermutung wird gestützt durch die Angaben vieler Patienten, die von Muskelschmerzen des Masseters und des Temporalis nach dem Erwachen berichten, die auf eine Überbeanspruchung hindeuten."

KRAFT (22) fand dann auch als Ergebnis seiner Untersuchungen, daß fast alle Menschen im Schlaf ihr Gebiß durch eine mehr oder weniger starke Kaumuskelaktivität beanspruchen. Nur bei etwa 10 % der untersuchten Personen waren solche Muskelaktivitäten nicht nachweisbar.

FUCHS (10) stellt fest: "Alle bisherigen Ergebnisse moderner Schlafforschung weisen darauf hin, daß der Schlaf ein aktiver Zustand ist. Es ist kein Zustand reiner Passivität, gleichbedeutend mit Erschöpfung, der als notwendiges Korrelat auf den aktiven Zustand des Wachseins folgt."

Es ist anzunehmen, daß ein Großteil der funktionellen Komponenten des menschlichen Körpers an dieser Aktivität teilnehmen.

Deshalb ist es von Interesse, die während des Nachtschlafs auftretenden Muskelaktivitäten in Zusammenhang mit möglichst vielen anderen, meßbaren Werten zu erörtern.

1.2. Grundlagen

1.2.1. Die motorische Einheit

Unter einer motorischen Einheit eines Muskels versteht man eine mehr oder weniger große Gruppe von Muskelfasern, die von einer einzigen motorischen Nervenfaser innerviert werden. Der Ursprung der Nervenfaser liegt entweder in einer motorischen Vorderhornzelle des Rückenmarks, oder in einem motorischen Hirnnervenkern. In einem abgegrenzten Muskelbezirk überlappen sich dabei immer mehrere motorische Einheiten. Dies bezweckt, daß bei Ausfall einer motorischen Nervenfaser nicht ein ganzer Muskelbezirk inaktiv wird.

1.2.2. Das Innervationsverhältnis

Die Zahl von Muskelfasern, die von einem einzigen motorischen Neuron innerviert wird, bezeichnet man als Innervationsverhältnis. Verschiedene Arten von Muskeln haben auch ein unterschiedliches Innervationsverhältnis. Ein kleines Innervationsverhältnis bedeutet, daß wenige Muskelfasern von einer Nerven-

faser versorgt werden, was eine bessere nervale Kontrolle bei feinen Bewegungsabläufen ermöglicht. Das Innervationsverhältnis des Augenmuskels beträgt z. B. 1 : 10, das für den Gastrocnemius 1 : 1650 (12).

1.2.3. Myographische Ableitung

Jeder Muskelkontraktion geht ein nervaler, elektrischer Impuls voraus. Dieser Impuls erregt die der Nervenfaser zugehörige motorische Einheit mit ihren einzelnen Muskelfasern über entsprechende neuromuskuläre Synapsen, die sog. motorischen Endplatten. Die Erregungswelle breitet sich entlang der Oberfläche der Muskelfaser und den Sarkolemmeinstülpungen im Inneren der Faser aus. Hierbei sind Punkte erregten Muskelgewebes elektrisch negativ gegenüber unerregtem Gewebe. Diese Potentialänderungen werden von einer elektromyographischen Ableitelektrode erfaßt und aufgezeichnet. Es können dabei Summenpotentiale eines ganzen Muskels, wie beim EKG, aber auch durch entsprechende Nadelelektroden die elektrischen Potentiale einzelner motorischer Einheiten erfaßt werden.

1.2.4. Nachtschlaf EEG (Elektroencephalogramm)

Das EEG des Gesunden zeigt seine stärksten Veränderungen im Schlaf. Die physiologischen Veränderungen des Schlaf EEG, die bei jedem Gesunden allnächtlich auftreten, unterscheiden sich stärker vom Standard EEG des Wachzustandes, als manche pathologischen Abweichungen. Der Übergang vom Wachzustand zum Schlaf bietet eine Reihe wohlbekannter elektroencephalographischer Stadien (6). Das EEG gilt als sehr guter Maßstab für die Einteilung des Schlafs in verschiedene Schlaftiefenstadien. Zusätzlich zum Nachtschlaf EEG wird noch ein Oculogramm abgeleitet, weil eine bestimmte Form der Augenbewegungen (REM) als Ausdruck eines Traumgeschehens gedeutet werden (4), und dies wiederum in enger Beziehung zur Schlaftiefe steht.

2. Problemstellung

Wie eingangs bereits erwähnt, ist es Zweck der Arbeit, die während des Nachtschlafs auftretenden Muskelaktivitäten objektiv zu registrieren und sie in Re-

lation zu möglichst vielen anderen meßbaren Werten zu setzen. Zu diesem Zweck sollen gesunde Versuchspersonen je 2mal untersucht werden.

Ähnliche Untersuchungen hatte bereits KRAFT (22) durchgeführt. Es wurde damals bereits versucht festzustellen, wann während der Nacht Muskelaktivität auftrat, jedoch ohne die Möglichkeit, diese in Relation zur Schlaftiefe zu setzen. Deshalb soll besonders Wert auf die genaue zeitliche Koordination zwischen Muskelaktivität, Schlaftiefen und den anderen registrierten Größen gelegt werden.

Untersucht werden sollen 3 Muskeln aus der Gruppe der Kaumuskulatur, 2 Muskeln aus der Gruppe der Extremitätenmuskulatur sowie Bewegungen des Schläfers mittels eines Mikrovibrationsmessers. Ferner soll abgeleitet werden ein Elektroencephalogramm (EEG), ein Oculogramm (OG) und ein Elektrokardiogramm (EKG).

2.1. Graphische Gesamtdarstellung

Um einen Gesamtüberblick über alle registrierten Werte zu erhalten, müssen diese zunächst in einer übersichtlichen graphischen Darstellung eingezeichnet werden, der eine gemeinsame Zeitachse zugrunde liegt.

Die Übersicht soll hinsichtlich folgender interessierender Fragen analysiert werden.

2.1.1. Schlaftiefen

Wie läßt sich die Nacht in verschiedene Schlaftiefen aufgliedern?

2.1.2. Schlaftiefenschwankungen

Nach welchem Modus gehen Schwankungen der Schlaftiefen vor sich?

2.1.3. Vergleich der 2 Nächte einer Versuchsperson

Vergleich der 2 untersuchten Nächte einer Versuchsperson hinsichtlich ihres Verlaufs und einer möglichen Adaptation.

2.1.4. Schlaftiefen und Muskelaktivität

Zusammenhang zwischen den Schlaftiefen und auftretenden Muskelaktivitäten.

2.1.5. Vergleich von Muskeln untereinander

Vergleich im Auftreten von Aktivitäten unter den verschiedenen Muskeln und Muskelgruppen.

2.1.6. Mikrovibration

Zeitliches Verhältnis der auftretenden Muskelaktivität zu den mit dem Mikrovibrationsstab ermittelten Erschütterungen.

2.1.7. Augenbewegungen

Die Augenbewegungen sollen unterschieden in SEM (Slow Eye Movement) und REM (Rapid Eye Movement) getrennt aufgetragen werden, um das Verhältnis ihres zeitlichen Auftretens mit den übrigen Größen bewerten zu können.

2.1.8. Herzfrequenz

Um den Zusammenhang zwischen allen anderen Registraten und der Herzfrequenz ermitteln zu können, soll über die ganze Nacht eine Pulskurve angefertigt, und in der Zeitachse mit den anderen Werten aufgetragen werden.

2.2. Zeitliche Aufgliederung der Schlaftiefen

Da nach Untersuchungen von KRAFT (22) et. al. zu erwarten ist, daß die verschiedenen Schlaftiefen in kausalem Zusammenhang mit auftretenden Muskelaktionen stehen, sollen die Schlafzeiten in den einzelnen Schlafstadien prozentual über die ganze Nacht erfaßt und in einer graphischen Säulendarstellung aufgezeigt werden.

2.3. Muskelaktivitäten

2.3.1. Aktivitätsdauer der einzelnen Muskeln

Bezüglich der Muskelaktivitäten stellt sich zunächst die Frage, welche Muskeln am längsten und welche am kürzesten während des Verlaufs der Nacht tätig waren.

2.3.2. Auftreten von Muskelaktivität in den verschiedenen Schlafstadien

Es soll geklärt werden, in welchen Schlafstadien die einzelnen Muskeln tätig waren und ob Unterschiede bestehen zwischen den einzelnen Muskeln und zwischen der Gruppe der Kaumuskeln und der der Extremitäten.

2.3.3. Tabelle K/t (Mittelwert der aufgetretenen Kontraktionen), K/min (Mittelwert der Kontraktionen pro Minute), Aktivitätsdauer in sec.

Eine Zu- oder Abnahme der Muskelaktivität vom Schlafstadium B - E wollen wir nochmals dadurch prüfen, daß wir die erhaltenen Werte auf Zeit umrechnen: K/t und K/min. Ferner soll die mittlere Aktivitätsdauer in sec. errechnet und alle Werte in einer Tabelle zusammengefaßt werden.

2.4. Schluckfrequenz

GRAF (15) stellt fest: "Kinematographische Aufnahmen des Schluckreflexes zeigen, daß der Unterkiefer beim Schlucken gegen den Oberkiefer stabilisiert wird. Dabei tritt häufig antogonistischer Zahnkontakt auf, wie mit radiotelemetrisch gemessenen Zahnkontakten beim Kauen und Schlucken nachgewiesen werden konnte."

Diese Feststellung und Untersuchungsergebnisse von KÖHLER (21 a) berechtigen dazu, anzunehmen, daß bei gleichzeitig auftretenden Aktivitäten von Mundöffnern und Mundschließern ein Schluckakt vorliegt. Es kann daher durch Auszählen der gemeinsam abgelaufenen Aktionen die nächtliche Schluckfrequenz ermittelt werden.

2.5. Muskelaktivität und Augenbewegungen

Von Interesse ist ferner, in welchem Verhältnis zueinander Muskelaktivität und Augenbewegungen auftreten. Dazu soll festgestellt werden, in wieviel Prozent der Fälle Muskelaktivität ohne Augenbewegungen, mit SEM und mit REM auftreten.

3. Versuchsanordnung und Auswertung

Die Versuche wurden zusammen mit LAUB (26) unternommen und ausgewertet.

3.1.1. Versuchspersonen

Es wurde an 6 Versuchspersonen je 2mal in zwei aufeinanderfolgenden Nächten abgeleitet. Sämtliche Versuchspersonen waren bei guter allgemeiner Gesundheit und ohne Beschwerden im Zahn-Mund-Kiefer-Bereich. Lediglich Versuchsperson 2 war Trägerin einer totalen OK-und UK-Prothese. Das Durchschnittsalter aller Versuchspersonen betrug 28 Jahre. Die Verteilung weiblich : männlich war 1 : 1. Alle Versuchspersonen wurden über Sinn und Ablauf der Versuche genau informiert, um eine mögliche psychische Beeinflussung (Angst, Unsicherheit) auszuschalten und einen ruhigen Nachtschlaf zu erreichen.

3.1.2. Versuchsbedingungen

Die Untersuchungen fanden in einem hierfür gut vorbereiteten Raum statt. Das Bett für die Versuchspersonen stand in einem ausreichend großen Faradayschen Käfig. Der Raum war gut gelüftet und völlig dunkel. Die Schläfer waren durch einen schweren Vorhang von den Untersuchenden und den Ableitungsgeräten getrennt. Es konnte leider nicht völlig verhindert werden, daß das leise Summen der Registriergeräte und das Rascheln des Papiers durch den Vorhang drang. Die Schläfer wurden jedoch dadurch nach eigener Aussage kaum gestört. Ein weiterer Störfaktor war das in der Nähe der Kliniken häufig zu hörende Martinshorn von Krankenfahrzeugen. Die Störungen waren jedoch nie so gravierend, daß die Schläfer davon ganz erwachten.

Die fest angebrachten Ableitungselektroden waren an langen Kabeln befestigt, die eine freie Beweglichkeit während des Schlafes zuließen. Für das Anbringen der Elektroden und Ableitungsapparaturen mußte eine Zeit von ca. 2 Stunden angewandt werden.

Die Versuchspersonen suchten sich ihre Schlafzeit immer selbst aus und wurden morgens nicht geweckt, sondern es wurde immer das spontane Aufwachen abgewartet. Es wurden keinerlei Schlafmittel oder sonstige Medikamente gegeben.

3.2. Elektromyogramm

3.2.1. Registriergerät

Als Registriergerät wurde der "Physioscript E" der Firma Schwarzer benutzt. Der Papiervorschub betrug 15 mm pro sec. Für das EMG wurde eine Zeitkonstante von 0,01 gewählt. Mit dem zur Verfügung stehenden Eichgerät wurde die Verstärkung so eingestellt, daß ein Impuls von 30 µV einen Schreiberausschlag von 10 mm ergab.

Bei der von uns gewählten Verstärkung blieb der ständig vorhandene Muskelgrundtonus unterschwellig und wurde nicht registriert. Aufgezeichnet wurden nur Potentialschwankungen, die in ihrer Größenordnung etwa einer mechanischen Aktivität entsprachen.

Bei der Auswertung der Kurven wurde gemäß unserem Auswertungsmodus nur die Zeitdauer einer registrierten Aktivität berücksichtigt. Form, Amplitude und Frequenz der Registrate wurde im Rahmen unserer Untersuchungen vernachlässigt.

3.2.2. Elektrodenwahl und Elektrodenlage

Da wir unser Hauptaugenmerk auf die zeitlich-quantitative Erfassung der Muskelaktionspotentiale legten, wurden zur Ableitung die hierfür ausgezeichnet geeigneten Silber-Trovidur-Aufklebeelektroden in einer bipolaren Ableitung verwendet. Mit ein Grund für die Wahl dieser Elektroden war, daß sie leicht an-

zubringen und für die Versuchsperson am wenigsten irritierend waren. Damit reduzierten wir die Möglichkeit einer Beeinträchtigung unserer Versuchsergebnisse durch unangenehme Versuchsbedingungen auf das in diesem Rahmen mögliche Minimum.

Die Elektroden wurden mit Elektrodenpaste gefüllt und mit Kunststoffklebefolien, sog. Biotroden, aufgeklebt. Nach Koppelung mit den Ableitungsdrähten wurden sie nochmals mit Leukoplast fixiert um eine möglichst ruhige und störungsfreie Lage zu erreichen.

Folgende Muskeln wurden abgeleitet:

1. m.masseter der linken Seite, (MAS)
2. m.temporalis der linken Seite, (TEM)
3. Mundbodenmuskulatur, (GG) (für genioglossus)
4. m.extensor carpi radialis der linken Seite, (EXT)
5. m.flexor carpi ulnaris der linken Seite, (FLEX).

Beim m.masseter und m.temporalis wurde die von uns gewählte Standardelektrodenanlage nach AHLGREN (1) genau beachtet, um eine möglichst hohe Reproduzierbarkeit der Ergebnisse zu erzielen. Siehe Abb. 1.

Im Bereich des Mundbodens wurde nicht zwischen dem m.mylohyoideus und dem m.genioglossus unterschieden, weil bei bipolarer Ableitung mit Oberflächenelektroden Aktivitätsüberlagerungen unvermeidbar sind. Außerdem unterscheiden sich diese beiden Muskeln nach MÖLLER (27) im Aktivitätsbild praktisch nicht. Die Elektroden wurden paramedian im Abstand von 3 cm aufgeklebt.

Am Unterarm wurden die Elektroden auf die, bei extension bzw. flexion der Hand, hervortretenden Muskelbäuche im Abstand von 3 cm aufgeklebt.

3.3. EEG

3.3.1. Registriergerät

Als Registriergerät wurde ein EEG-Schreiber der Firma Schwarzer verwendet, welches synchron mit dem "Physioscript E" lief. Die Zeitkonstante für

das EEG-Gerät betrug 0,3. Es wurde so geeicht, daß eine Potentialdifferenz von 50 µV einem Zeigerausschlag von 6 mm entsprach. Der Papiervorschub war 15 mm pro sec..

3.3.2. Elektroden und Elektrodenlage

Zur Ableitung der Hirnstromkurven wurden Schwarzer Nylon-Silber-Elektroden verwendet, welche mit Collodium aufgeklebt und mit Elektrodenpaste gefüllt wurden.

Abgeleitet wurde auf 8 Kanälen in zweiparamedianen Längsreihen.

3.3.3. Auswertung des EEG

Das EEG wurde visuell ausgewertet. Die Schlafstadien wurden nach der von KUGLER (24) modifizierten Stadieneinteilung von LOOMIS angegeben. Siehe Abb. 2.

Es wurde jeweils ein Mittelwert über die Schlaftiefen eines 40 sec. Abschnittes gegeben.

3.4. Das Oculogramm

Zur Registrierung des Oculogramms wurde an den beiden temporalen Lidwinkeln je eine Klebeelektrode angebracht. Das Oculogramm wurde wie das EEG von KUGLER visuell ausgewertet und in Gesamtergebnissen über 40 sec. angegeben. KUGLER (24) unterscheidet vertikal verlaufende Salven schneller Augenbewegungen REM (rapid eye movements) von den horizontal verlaufenden langsam pendelnden Bulbusbewegungen SEM (slow eye movements). Siehe Abb. 3.

3.5. Mechanogramm

Mit einem Erschütterungsmeßstab der Firma Philipps wurden Bewegungen der Versuchsperson anhand der dadurch auf das Bett übertragenen Erschütterungen gemessen. Der Meßstab lag dabei in der Nähe des rechten Unterschenkels auf der Matratze, kam jedoch nicht mit dem Schläfer in Berührung. Die Verstärkung war so gewählt, daß die durch den Herzschlag erzeugte Mikrovibration gerade noch deutlich sichtbar war. Siehe Abb. 3.

3.6. Das EKG

Das EKG wurde ebenfalls durch Klebeelektroden abgenommen. Sie waren in Richtung Herzachse auf der Brusthaut aufgeklebt. Die Werte wurden für je 2 min. ausgezählt und in die graphische Übersichtsdarstellung eingezeichnet. Es ergab sich so ein Profil der Herzschlagfrequenz, welches sich kontinuierlich über die ganze Nacht erstreckte.

4. Ergebnisse

Wie in Kapitel 3. besprochen, wurde von jeder Ableitungsnacht anhand der registrierten Größen eine graphische Übersichtsdarstellung angefertigt, um mit einem Blick überschauen zu können, in welchem Verhältnis zueinander die einzelnen Werte jeweils stehen.

4.1. Graphische Übersichtsdarstellung

Als Beispiele wurden die drei Ableitungsnächte von Versuchsperson 3, 1 und 5 ausgewählt und in Abb. 4, Abb. 5 und Abb. 6 dargestellt.

Bei Betrachtung aller unserer Übersichten läßt sich folgendes feststellen:

4.1.1. Schlaftiefenverlauf

Aus sämtlichen Kurven wurde klar ersichtlich, daß der Schlaf und seine Schlaftiefen nicht gleichförmig über eine Nacht verlaufen, sondern sich vielmehr in mehrere Schlafzyklen unterteilen. Besonders eindrucksvoll ist diese Gliederung in den Abb. 4 und 5 zu erkennen.

Die Schlaftiefen in Abb. 4 sind in 5 Zyklen unterteilt, die jeweils durch Schlaftiefenabfälle bis mindestens in das Stadium B voreinander getrennt sind. Diese Schlaftiefenabfälle liegen hier etwa um 1^{30}_{h}, 2^{15}_{h}, 3^{00}., 4^{40}/, 5^{35}/.

Aus der relativ langen Zeit, die die Versuchsperson in mittleren bis tiefen Stadien verbrachte, ist ersichtlich, daß sie in dieser Nacht "gut" geschlafen hat.

Auffällig ist die Tatsache, daß die Schlaftiefenabfälle stets blitzartig über mehrere Schlafstadien hinweg erfolgen. Das Eindringen in höhere Stadien hingegen ist immer über eine längere Zeit verteilt. Beispiel in Abb. 5 von 2^{40} h - 4^{00} h.

Die Abb. 6, die den Verlauf einer Nacht darstellt, in dem die Versuchsperson nicht so "gut" geschlafen hat, macht klar, daß in solchen Fällen die Tiefschlafstadien hauptsächlich in der Anfangszeit des Schlafs auftreten. Insgesamt gesehen macht hier die Schlaftiefenkurve auch einen vergleichsweise sehr unruhigen Eindruck durch das permanente Auf und Ab in den niedrigen Stadien. Das Vordringen in den Tiefschlafen scheint nicht mehr möglich.

4.1.2. Muskelaktivität

Bei Betrachtung der Übersichten konnte eine deutliche Korrelation in der zeitlichen Gliederung beim Auftreten von Muskelaktivität mit den anderen Werten festgestellt werden. Bei Projektion der auftretenden Muskelaktivitäten auf die Schlaftiefenkurve läßt sich feststellen, daß immer bei abrupten Schlaftiefenabfällen gleichzeitig Muskelaktivität auftritt, besonders deutlich in der Gruppe der Kaumuskulatur. Dieses Phänomen ist in allen Ableitungen deutlich zu erkennen. Es kann aufgrund unserer Versuchsanordnung jedoch nicht klar entschieden werden, was nun der primäre Faktor ist, die einschießende Muskelaktivität oder der Schlaftiefenabfall.

Ferner erkennen wir, daß kaum Muskelaktivität vorhanden ist beim Eindringen in tiefere Schlafstadien sowie in den tiefen Stadien.

Der Vergleich der beiden ruhigeren Nächte der Abb. 4 und Abb. 5 mit der unruhigen Nacht der Abb. 6 macht deutlich, daß unruhiger Schlaf verbunden ist mit deutlich erhöhtem Auftreten von Muskelaktivität.

Beim Vergleich der Muskelgruppen untereinander läßt sich erkennen, daß die Gruppe der Kaumuskeln insgesamt länger tätig war, als die der Extremitäten, wobei bei den Extremitäten wiederum der Extensor den Flexeor weit überwog.

Wenn Aktivität in den Extremitäten auftrat, war sie stets begleitet von Kaumuskelaktivität. Aktivität der Kaumuskulatur trat jedoch auch auf, ohne Muskelaktivität der Extremitäten.

Relativ häufig registrierten wir tonische Dauermuskelaktivität in der Gruppe der Kaumuskeln und zwar hauptsächlich im Mundboden. Diese hielten teilweise 10 min. und länger an. Eine solche Beobachtung konnte bei den Extremitäten kaum gemacht werden. Abb. 7 zeigt solche tonischen Daueraktivitäten, hier jedoch nicht im Mundboden, sondern gleichzeitig im m.temporalis und masseter.

4.1.3. Mechanogramm

Die mit dem Erschütterungsmaßstab registrierten Werte stimmen zeitlich mit den auftretenden Muskelaktivitäten und der Schlaftiefenkurve überein. Allgemein dauern jedoch die Aktivitäten der Kaumuskulatur länger an, als die Mikrovibration. Wenn in den Extremitäten Aktivität auftritt, ist diese meist mit Mikrobibration verbunden. Kaumuskelaktivität jedoch tritt öfter separat auf.

3.1.4. Augenbewegungen

Die Augenbewegungen wurden unterteilt in SEM (slow eye movements) und REM (rapid eye movements) und getrennt aufgetragen. Die SEM treten etwa zum gleichen Zeitpunkt auf, wie die Muskelaktivität, halten aber bedeutend länger an als diese. Wie bei der Muskelaktivität beschrieben, finden sich also SEM hauptsächlich bei plötzlichen Schlaftiefenabfällen, am Ende von Schlafzyklen, sowie generell in niedrigen Schlafphasen und dort wiederum in Phasen häufiger, kurz aufeinanderfolgender Wechsel der Schlaftiefen. Die SEM scheinen von den bisher erörterten Größen die beste Korrelation zur Schlaftiefenkurve zu haben. Man könnte aus der Häufigkeit ihres Auftretens, auch ohne Schlaftiefenkurve, ziemlich sicher auf den Ablauf der Schlafzyklen und darauf, ob es sich um eine ruhige oder unruhige Nacht handelte, schließen.

REM haben ein völlig anderes Verteilungspektrum als SEM. Von der Schlaftiefenkurve aus betrachtet, erscheinen sie in sehr genauer zeitlicher Übereinstimmung, wenn dort länger dauernde Plateaus von B-Stadien (Einschlafstadium) auftreten und dabei am häufigsten in Bo. Beispiele sind ersichtlich in Abb. 5 von 4^{10}_{h} bis 4^{30}_{h}; Abb. 6 von 1^{55}_{h} - 2^{15}_{h}, 3^{00}_{h} - 3^{25}_{h}.

In der Nähe tiefer Schlafstadien sind REM selten. Sie treten häufiger in der zweiten Nachthälfte auf, als in der ersten und überlagern sich oft mit SEM.

Im Schnitt konnten wir 3 - 5 REM-Stadien pro Nacht beobachten.

4.1.5. Herzfrequenz

Der Verlauf der Pulskurve steht ebenfalls in recht deutlicher Korrelation zu den auftretenden Muskelaktivitäten und SEM. Bei abfallender Schlaftiefe und gleichzeitig auftretender Muskelaktivität steigt die Pulsfrequenz steil an. Siehe Abb. 5 um 1^{00}, 1^{45}, 2^{00}, 4^{30}, 5^{00}.

In den Stadien des Tiefschlafs verläuft die Kurve ruhig und gleichmäßig.

4.2. Verteilung der Schlafstadien über die Nacht

Die Versuchspersonen schliefen im Mittel aus allen 12 Nächten 6 Std. 22 min. 47 sec., wobei in der 2. Nacht meist etwas länger geschlafen wurde als in der ersten. Das Mittel der Schlafzeit aus den zweiten Nächten betrug 6 Std. 33 min. 20 sec.

Abb. 8 zeigt in einer Säulendarstellung die prozentuale Aufgliederung der Gesamtschlafzeit auf die Schlafstadien. Es liegen Mittelwerte über alle 12 Nächte zugrunde. Auf der nebenstehenden Geraden sind die Werte in % und in Minuten angegeben. Die Gesamtableitungsdauer für alle 12 Nächte betrug 76 Std. 33 min. 20 sec..

Die Abbildung zeigt, daß im A-Stadium, das im engeren Sinn nicht zum Schlaf gehört, sondern Ermüdungsstadium ist, 16 % der Zeit verbracht wurden. Im Einschlafstadium B verbrachten unsere Probanden die weitaus längste Zeit, nämlich 49 %. Im Stadium C - leichter Schlaf - und D - mittlerer Schlaf - war die Verteilung annähernd gleich und zwar 17 % und 16 %. Der Anteil des Stadiums E - Tiefschlaf war an der Gesamtschlafzeit mit 2 % relativ gering.

Einem Anteil von 16 % (A-Stadium) entsprachen 63 min., den 49 % (B-Stadium) eine Schlafzeit von 187 min., 17 % (C-Stadium) 64 min., 16 % (D-Stadium) 60 min. und auf die 2 % (E-Stadium) entfielen 9 min.. In Abb. 8 sind % und min-Angaben etwas überlagert und deshalb nicht so klar zu übersehen. Wir haben daher in Abb. 9 nochmals Prozentzahlen und Schlafzeiten in min. diesmal auf die Gesamtschlafzeit rund 76 1/2 Stunden, einander gegenübergestellt.

Es fällt wieder besonders der hohe Prozentsatz im Stadium B auf.

4.3. Verteilung der Muskelaktivität

4.3.1. Verteilung der Muskelaktivität in Gesamtdauer ihres Auftretens

In Abb. 10 wird dargestellt, wie lange die einzelnen Muskeln während der Nacht im Mittel aktiv waren und diese Werte anhand von Säulen einander gegenübergestellt. Die längste Aktivität mit 18,06 Minuten hatte der Mundboden. Ihm folgte der m.temporalis mit 14,04 min. sowie der m.masseter mit 6,13 min.. Gegenüber der Kaumuskelgruppe waren die Extremitätenmuskel Extensor mit 5,19 min. und Flexor mit 3,08 min. weitaus geringer aktiv.

Abb. 10 macht klar, wie lange und in welchem Verhältnis zueinander die Muskeln während der Nacht tätig waren. Sie sagt jedoch noch nichts darüber aus, wann, in welchen Schlafstadien die Aktionen auftraten.

4.3.2. Verteilung der Muskelaktivitäten auf die einzelnen Schlafstadien

Zur Klärung der Frage, in welchem Schlafstadium die Muskeln nun mehr oder weniger aktiv waren, wurde die Zeit der Muskelaktionen in ein Verhältnis zur Gesamtschlafzeit in den einzelnen Schlafstadien gesetzt. In Abb. 11 wurde jeweils der Prozentsatz der Muskelaktivität gemessen an der Gesamtschlafzeit im jeweiligen Stadium eingetragen und zwar für alle 5 Muskeln getrennt. Die obere Reihe gibt die Gruppe der Kaumuskeln wieder, bestehend aus Mundboden, MAS und TEM, die untere Reihe die der Extremitäten EXT und FLE. Auf die Darstellung der Aktivität in den E-Stadien wurde verzichtet, weil in einem Großteil der Nächte keine auftrat und der Rest so gering war, daß er sich graphisch nicht mehr darstellen ließ.

Aus der Tabelle in Abb. 12 sind die genauen Werte zu ersehen, die der Säulendarstellung in Abb. 11 zugrunde liegen. Die Signifikanz wurde mathematisch nach dem "Test der kleinsten Quadrate" mit der Formel $S = \frac{Q\,S}{n\,(n-1)}$ bestimmt. Die Signifikanzbreite ist sowohl in der Säulendarstellung Abb. 11 eingezeichnet, wie in der Tabelle Abb. 12 angegeben.

Aus dieser Darstellung der Ergebnisse ist ersichtlich, daß die meiste Aktivität im Mundboden auftritt, gefolgt vom m.temporalis, dem m.masseter, dem extensor und dem flexor des Unterarmes. Bezüglich der Verteilung auf die einzelnen Schlafstadien kann festgestellt werden, daß die längste Aktivität in den A-Stadien auftritt. In den tiefer werdenden Schlafstadien von B nach D nimmt die Aktivität kontinuierlich in Richtung D ab. Eine Ausnahme macht lediglich der m.extensor, carpi rad., dessen Aktivität im C-Stadium mit 1,0 % die des B-Stadiums mit 0,8 % überwiegt. Bei Beachtung der Signifikanzbereiche wird deutlich, daß sich diese in den Stadien B - C - D überlagern. Es ist also im Bereich dieser 3 Stadien keine signifikante Abnahme festzustellen.

Beim Vergleich der Kaumuskelgruppe mit der des Unterarms kann gesagt werden, daß die Verteilung der Aktivität auf die Schlafstadien bei beiden Gruppen im Prinzip gleich ist. In der Zeitdauer der aufgetretenen Aktivitäten jedoch überwiegt jedes Glied aus der Kaumuskelgruppe jedes Glied aus der Extremitätenmuskulatur.

4.4. K/t, K/min, Aktivitätsdauer in sec.

In der Tabelle Abb. 13 werden die gefundenen Werte für die Muskelaktivitäten nach folgenden Gesichtspunkten aufgeschlüsselt:

K/t gibt die Mittelwerte der Kontraktionen während einer Nacht an, aufgegliedert auf die verschiedenen Muskeln und Schlaftiefen. Die Werte wurden errechnet aus der Gesamtzahl der in den jeweiligen Schlafstadien und Muskeln aufgetretenen Kontraktionen und durch die Zahl der Untersuchungsnächte dividiert.

Von den flachen zu den tiefen Schlafstadien läßt sich, wie nicht anders zu erwarten, eine Verringerung der K/t feststellen.

K/min gibt das Verhältnis der Schlafzeit in den einzelnen Schlafstadien zur Summe der Kontraktionen wieder. Bei der Berechnung der Werte wurde die Anzahl der Kontraktionen auf die Schlafzeit im jeweiligen Stadium bezogen und auf 1 min. umgerechnet.

In der 3. Spalte wurde die mittlere Aktivitätsdauer in sec. bestimmt. Sie ergab sich aus der gesamten Kontraktionsdauer dividiert durch Anzahl der Kon-

traktionen. Eine auffällige Verkürzung der mittleren Aktivitätsdauer tritt erst im Stadium E ein. Im Schlafstadium E nimmt also nicht nur die Zahl, sondern auch die Dauer der Kontraktionen ab.

4.5. Schluckfrequenz

Gemäß der in Kap. 2. angeschnittenen Frage der Schluckfrequenz während des Nachtschlafs, wurden aus den Ableitungen sämtliche aufgetretenen Kontraktionen ausgezählt, bei denen gleichzeitig Mundöffner und -schließer tätig waren. Es fanden hierbei die während der A-Stadien aufgetretenen Aktionen keine Berücksichtigung (Ermüdungsstadium). Es ergab sich ein Mittelwert von 45,33 gemeinsamen Kontraktionen pro Nacht.

4.6. Beziehungen zwischen Muskelaktivität und Augenbewegungen

Zur Klärung dieser Frage wurden in den Kurven diejenigen Fälle ausgezählt, in denen Muskelaktivität separat sowie Muskelaktivität und Augenbewegungen gemeinsam auftraten, wobei bei den Augenbewegungen noch zwischen SEM und REM unterschieden wurde. Es wurde so ermittelt, daß 40 % der Muskelaktivität ohne Augenbewegungen und 60 % mit Augenbewegungen auftraten. Von diesen 60 % traten 7,4 % nur in REM-Stadien auf, also in den sog. parodoxalen oder Traumphasen. Dies deckt sich mit der bereits bei der Besprechung der Übersichtsdarstellungen getroffenen Feststellung, daß sich SEM in deutlicherer Übereinstimmung mit der Muskelaktivität befinden als REM.

4.7. Kritik der Ergebnisse

Die in unseren Untersuchungen ermittelten Werte müssen relativ betrachtet werden, da sie naturgemäß methodenspezifisch sind.

Beim Vergleich mit den Ergebnissen anderer myographischer Arbeiten muß berücksichtigt werden, daß Unterschiede beruhen können auf:

1. Unterschiedlichen Ableitelektroden,
2. anderer Verstärkung,
3. anderer Zeitkonstante,
4. unterschiedlicher Lage der Elektroden.

Ferner hängt das Auftreten von Muskelaktivitäten stark von der Ruhe des Schlafes und der Schlaftiefe ab. Es ist daher zu erwarten, daß bei anderen Versuchsbedingungen auch andere Voraussetzungen vorliegen, die sich im Ergebnis auswirken können. Auch in der Auswertung, die sowohl für das EEG wie für das EMG visuell vorgenommen werden mußte, kann ein gewisser, durch zwangsläufig subjektive Betrachtung, entstandener Fehler enthalten sein.

5. Besprechung der Ergebnisse

Die vorliegende Arbeit hatte die Aufgabe, die während des Nachtschlafs auftretende Muskelaktivität in Vergleich mit möglichst vielen anderen meßbaren Werten zu untersuchen und die Verteilung ihres Auftretens über die Nacht und die Schlafstadien zu objektivieren.

Bei Betrachtung der Übersichtsdarstellungen fiel auf, daß der Schlaf nicht gleichförmig über die ganze Nacht verläuft, sondern in Schlafzyklen unterteilt ist. Dieses Ergebnis wurde bereits in zahlreichen anderen Arbeiten festgestellt (4, 17, 21). Bei unseren Untersuchungen waren die Nächte im Schnitt in 4 Schlafzyklen eingeteilt. BAUST (4) findet 3 - 4 Zyklen, JOVANOVIC (17) dagegen 5. Die Ergebnisse liegen also ziemlich eng beisammen. Kleine Unterschiede können in den in Kapitel 4.7. besprochenen Punkten ihre Ursache haben.

Unsre Feststellung, daß der Schläfer zu Anfang des Schlafes tiefer schläft und länger in den tiefen Schlafstadien verweilt, deckt sich ebenfalls mit den Ergebnissen o.g. Autoren.

Ferner konnten wir sehen, daß das Eindringen in höhere Schlafstadien stets langsam, stufenweise vor sich ging, Schlaftiefenabfälle hingegen erfolgten immer blitzartig und über mehrere Stunden hinweg. Solche Schlaftiefenabfälle waren stets mit deutlicher Muskelaktivität in allen registrierten Muskeln verbunden. Auf Grund unserer Versuchsanordnung konnte jedoch nicht genau unterschieden werden, was nun zuerst auftrat: Der Schlaftiefenabfall (im EEG) oder die einschießende Muskelaktivität (im EMG). Es können deshalb auch keine Vermutungen darüber angestellt werden, ob die Ursachen dafür mehr muskulärreflektorischer Natur, oder eher von höheren Gehirnzentren gesteuert sind.

Das permanente Auf und Ab der Schlaftiefen und die damit verbundenen Muskelaktivitäten erklären jedenfalls klar die von KRAFT gezogene Folgerung aus seiner ohne EEG durchgeführten Arbeit: "Die rein gefühlsmäßige Vermutung, daß die in Frage stehenden Kaumuskelaktionen in erster Linie mehr während des Halbschlafs, also während der Einschlafzeit und gegen Morgen vor dem Erwachen auftreten, ließ sich nicht bestätigen. In überwiegender Zahl fanden wir solche Muskeltätigkeit über die ganze Nacht verteilt."

Unsere Versuchspersonen schliefen im Mittel aus allen Nächten 6 Std. 22 min.. Diese - am normalen Schlaf gemessen - relativ kurze Schlafzeit erklärt sich wohl hauptsächlich daraus, daß wir vor dem Schlafbeginn noch ca. 2 Std. zur Anbringung unserer Ableiteelektroden benötigten. Im allgemeinen liegt die Schlafzeit jedoch durchaus in den Dimensionen anderer Untersucher wie JOVANOVIC (17), dessen Versuchspersonen 6 Std. 40 min. schliefen.

In der zweiten Nacht schliefen unsere Versuchspersonen in der Regel etwas länger, als in der ersten Nacht, was auf eine gewisse Adaptation schließen läßt. Beim Vergleich der graphischen Übersichten von beiden Nächten einer Versuchsperson, bezüglich des Schlafverlaufes, fielen keine gravierenden Unterschiede auf. Man kann also davon ausgehen, daß auch eine häufigere Untersuchung der gleichen Probanden keine wesentliche Änderung im Ergebnis bringen würde.

Bei der Aufgliederung der Schlafzeit auf die einzelnen Schlafstadien stellten wir eine auffallend hohe Zeitrate im Stadium B mit 49 % der Gesamtschlafzeit und eine erwartungsgemäß geringe im Stadium E mit 2 % fest. Diese Werte differieren zum Teil von denen, die JOVANOVIC (17) gefunden hatte. Ursachen hierfür dürften andere Versuchsbedingungen und eine andere Schlafstadieneinteilung sein.

Beim Vergleich einer relativ ruhig und in tiefen Schlafstadien verbrachten Nacht mit einer unruhigen erkennt man, daß unruhiger Schlaf zwangsläufig mit erhöhter Muskelaktivität verbunden ist. Somit ließe sich erklären, daß während einer Stress-Situation, verbunden mit unruhigem Schlaf, das Kausystem einer wesentlich höheren Belastung ausgesetzt ist als in einer Normalsituation. Daß psychische Faktoren bei der Entstehung von funktionellen Erkrankungen des

Kausystems eine Rolle spielen, bestätigen mehrere Autoren (7, 25).

Diese Vermutung wird noch gestützt durch unser Ergebnis, daß die Kaumuskulatur im Vergleich zur Körpermuskulatur während des Nachtschlafs öfter und länger beansprucht wird. Kaumuskelaktivitäten überdauern solche der Körpermuskulatur. Ferner treten Körpermuskelaktionen fast immer zusammen mit Kaumuskelaktivität auf, letztere jedoch auch separat. Diese Erkenntnis wurde bereits 1954 durch H. u. C. GÖPFERT (13) sowie A.W. von EIFF (8) bestätigt. EIFF (8) konnte bei seinen myographischen Untersuchungen im Wachzustand feststellen, daß der Unterarm am weitaus stärksten an der Gesamtaktivität der Extremitäten beteiligt war. Deshalb war der Unterarm für vergleichende Untersuchungen mit der Kaumuskulatur besonders geeignet.

Aus der Gruppe der Kaumuskulatur war der Mundboden am häufigsten und längsten aktiv. Ferner wurden besonders vom Mundboden tonische Daueraktivitäten von zehn Minuten Dauer und länger abgeleitet. MÖLLER (28) und KRAFT (23) haben diese erhöhte Aktivität des Mundbodens und damit der Mundöffner, als Schutzreflex zur Entlastung der Kiefergelenke gedeutet.

Bezüglich der Verteilung der Muskelaktivität über die einzelnen Schlafstadien konnte eine Abnahme vom A-Stadium in Richtung E-Stadium festgestellt werden. Dies wird von einer Reihe weiterer Autoren wie ASERINSKY und KLEITMANN (2), BERGER (5), HEINZLER-RÖDL (16) und OSWALD (29) bestätigt. Den signifikant höchsten Anteil an Muskelaktivität erhielten wir in den A-Stadien, den signifikant geringsten in den E-Stadien. Ein signifikant kontinuierlicher Rückgang in den Stadien B - D konnte nicht nachgewiesen werden.

In bezug auf die Augenbewegungen konnten wir erkennen, daß SEM relativ gut koordiniert mit Muskelaktivität und Schlaftiefen auftraten, REM hingegen ein eigenes Verteilungsspektrum zu haben scheinen. Zwar trat auch in den REM-Phasen Muskelaktivität auf, jedoch bedeutend weniger, als zusammen mit SEM.

Ferner erkannten wir, daß REM ausschließlich in B- und hier hauptsächlich in Bo-Stadien auftraten. Auf Grund ähnlicher Beobachtungen und der Tatsache, daß Versuchspersonen beim Erwecken aus diesen REM-Phasen wesentlich häufiger über Traumerlebnisse berichteten, als beim Erwecken aus anderen Stadien, be-

zeichneten ASERINSKY und KLEITMANN (3) diese Salven schneller Augenbewegungen als physiologische Traumkorrelate.

In unseren Untersuchungen konnten folgende Feststellungen von BAUST (4) nicht belegt werden: "Mit zunehmender Schlaftiefe tritt eine kontinuierliche Abnahme der Muskelaktivität ein, welche im REM-Stadium ein solches Ausmaß erreicht, daß kaum noch Potentiale von der Skelettmuskulatur abgeleitet werden können."

Wir konnten auch in REM-Phasen Muskelaktivität in allen registrierten Muskeln ableiten, besonders deutlich in der Gruppe der Kaumuskulatur. Bewegungen der Gesichtsmuskulatur und Sprechen wurden von JOVANOVIC (19) ebenfalls als physiologische Traumkorrelate herausgestellt.

Bei der Ermittlung der Schluckfrequenz während der Nacht hatten wir die Annahme zugrunde gelegt, daß bei gleichzeitiger Aktion von Mundöffnern und -schließern ein Schluckakt vorliegt. Bei Auswertung unserer Ergebnisse stellten wir eine Frequenz von durchschnittlich 45,33 Aktionen pro Nacht fest. Dies kommt dem von FLANAGAN (9) angegebenen Wert von 50 Schluckakten pro Nacht sehr nahe.

Anhand der in der Tabelle der Abb. 13 ersichtlichen Werte für K/min. und Aktivitätsdauer in sec. entwickelt FUCHS (11) folgende interessante These bezüglich der Dauer des Schluckaktes: "Die Schluckfrequenz während des Tages wird mit 2 min. angegeben (FLANAGAN , 9; KERR, 20), wobei die Dauer des Schluckaktes mit etwa 1 sec. anzusetzen ist (1125 $\pm$ 30 msec. MÖLLER, 28), FLANAGAN (9) hat während des Nachtschlafs gegenüber einer Tagfrequenz von 550 Schluckvorgängen, eine Nachtfrequenz von 50 Schluckvorgängen angegeben, was 0,1 Schluckvorgängen pro min. entspricht. Ein Wert von 0,1 Kontraktionen pro Minute entspricht etwa der von uns ermittelten Masseteraktivität im B-, C- und D-Stadium. Da hierbei eine Aktivitätsdauer von 4 - 6 sec. festgestellt wurde, ergibt sich für die Nachtstunden zwar eine geringere Schluckfrequenz, aber ein wesentlich länger andauernder Schluckvorgang, so daß die Verhältnisse am Tage praktisch erreicht werden. Dies bedeutet wiederum auch während der Nacht eine ganz erhebliche Belastung der Zähne, da während des Schluckvorganges die Zähne intensiv Kontakt haben."

6. Zusammenfassung

Ziel und Zweck der Arbeit war es, die Kaumuskelaktivität im Zusammenhang mit möglichst vielen anderen, meßbaren Werten zu untersuchen und zu erörtern. Bei der Entstehung funktioneller Erkrankungen des Kauapparates muß ein Kaukraftmißbrauch vermutet werden. Da ein solcher Kaukraftmißbrauch tagsüber, während der bewußten Phase auszuschließen war, untersuchten wir die Kaumuskelaktivität während des Nachtschlafs, der unbewußten Phase.

Da in der modernen Schlafforschung der Schlaf nicht mehr als rein passiver sondern als aktiver Zustand gesehen wird, war anzunehmen, daß ein Großteil der funktionellen Strukturen des menschlichen Körpers an dieser Aktivität teilnehmen. Es wurde daher im Rahmen unserer Untersuchungen Wert darauf gelegt, die Kaumuskelaktivität im Zusammenhang mit möglichst vielen, anderen physiologischen Funktionen des menschlichen Körpers zu sehen.

Es wurden 6 gesunde Versuchspersonen je zweimal in zwölf aufeinanderfolgenden Nächten untersucht. Dabei wurden folgende Ableitungen vorgenommen:

1. Ein EEG zur Beurteilung des Schlafverlaufs,
2. ein Oculogramm zur Erfassung der Augenbewegungen,
3. Mikrovibration zur Erfassung von Bewegungen des Schläfers,
4. Muskelableitungen vom m.temporalis , dem m.masseter, dem Mundboden, dem m.extensor carpi radialis und dem m.flexor carpi ulnaris,
5. ein EKG um die Beteiligung des Herzschlages am Schlafverlauf beurteilen zu können.

Alle gemessenen Werte wurden auf einer gemeinsamen Zeitachse graphisch dargestellt.

Als Ergebnis unserer Untersuchungen konnte folgendes festgestellt werden:

Sämtliche gemessenen Funktionen standen in deutlichem Zusammenhang untereinander. Die Nächte waren im Schnitt in 4 Schlafzyklen unterteilt. Muskelaktivität, besonders der Kaumuskelgruppe, konnte bei allen Versuchspersonen

und über die ganze Nacht verteilt, registriert werden. Sie traten stets auf, wenn im EEG Schlaftiefenabfälle festgestellt werden konnten sowie in flachen Schlafphasen, bei häufigem Auf und Ab der Schlaftiefe. Sämtliche Teile der Kaumuskelgruppe waren länger tätig, als die der Extremitäten. Besonders im Mundboden konnten länger anhaltende, tonische Daueraktivitäten registriert werden. Die mit dem Mikrovibrationsstab erfaßten Aktionen traten gleichzeitig mit Muskelaktivität auf, dauerten jedoch nicht so lange an. SEM traten in genauer zeitlicher Übereinstimmung mit Muskelaktivität auf. REM hatten ein eigenes Verteilungsspektrum. Sie tauchten meist dann auf, wenn im EEG Bo-Stadien registriert wurden. Ferner waren sie meist von Muskelaktivität begleitet. Die Herzfrequenz stieg immer an, wenn Schlaftiefenabfall und Muskelaktivität auftrat. Die längste Zeit der Nacht verbrachten unsere Versuchspersonen im Schlafstadium B, die kürzeste im Stadium E. Die längste Muskelaktivität trat im Mundboden auf, gefolgt von Temporalis, Masseter, Extensor und Flexor. Der Großteil der Aktivität trat im Stadium B auf. In Richtung tiefer werdenden Schlafs nahm die Muskelaktivität kontinuierlich ab. Im Stadium E konnte kaum mehr Aktivität registriert werden.

Anhand gemeinsam auftretender Aktionen von Mundöffnern und Schließern konnte eine durchschnittliche Schluckfrequenz von rund 45 Schluckakten pro Nacht errechnet werden.

Bei der Kritik der Ergebnisse wurde darauf hingewiesen, daß unsere Werte relativ betrachtet werden müssen, daß sie naturgemäß methodenspezifisch sind.

Abschließend kann als Hypothese erhoben werden, daß die von uns registrierte Leermastikation in Streßsituationen und Situationen gestörter Adaptationsfähigkeit des menschlichen Körpers, durchaus in der Lage sein könnte, zu funktionellen Erkrankungen des Kauorganes zu führen.

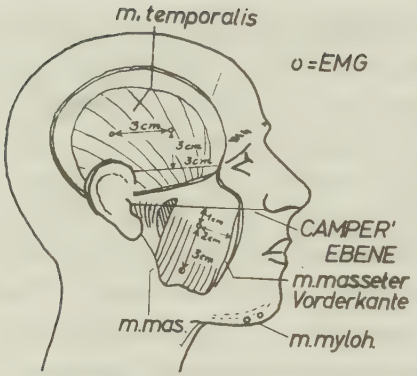
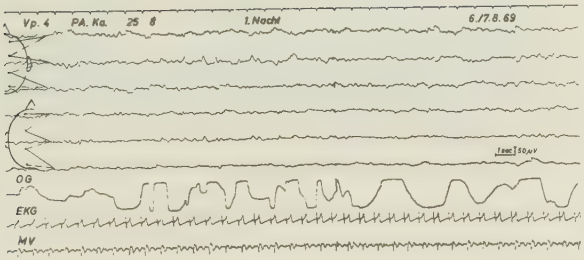


Abb. 1: Standardelektrodenanlage nach AHLGREN (1)

Schlafstadien

Stadienbezeichnung			EEG-Muster
	Loomis Kugler	Verhalten	führend. Kennz.
0 A_0		Wachheit	Normvariante
1 A_1		Ermüdung	« diffus
2 A_2			« spärlich
3 B_0	Nullstadium		flache $\mathcal{S}$
4 B_1		Einschlafen	σ klein
5 B_2			σ hoch
6 C_0		leichter	hohe $\mathcal{S}$ 30%
7 C_1		Schlaf	« « 50%
8 C_2			« « 80%
9 D_0		mittlerer	δ 30%t
10 D_1		Schlaf	δ 50%t
11 D_2			δ 80%t
12 E		tiefer Schlaf	δ kontin.

Abb. 2: Schlafstadieneinteilung nach LOOMIS und KUGLER (24)



Originalausschnitt

Abb. 3: Einschlafstadium mit langsamen (SEM) und schnellen (REM) Augenbewegungen im Oculogramm (OG). Mikrovibration erzeugt durch den Herzschlag gerade noch sichtbar.

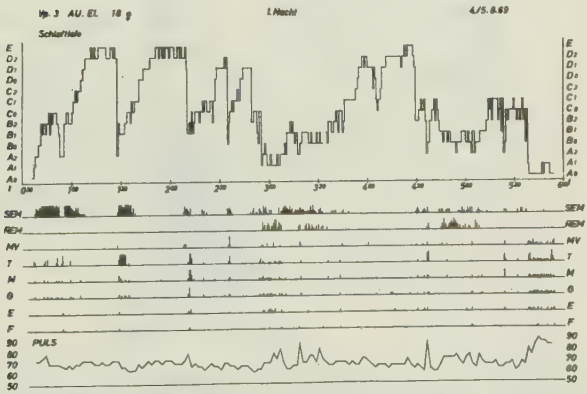


Abb. 4: Graphische Übersicht über die 1. Nacht von VP. 3, Beginn 0^{30}, Ende 6^{00}.

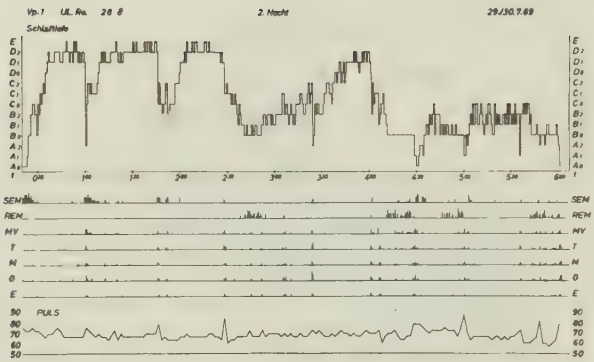


Abb. 5: Graphische Übersicht über die Werte der 2. Nacht von VP. 1, Beginn 0^{20}, Ende 6^{00}.

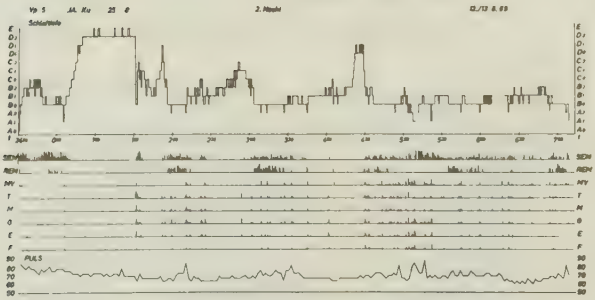


Abb. 6: Graphische Übersicht über die Werte der 2. Nacht von VP. 5, Beginn 24^{00}, Ende 7^{15}.

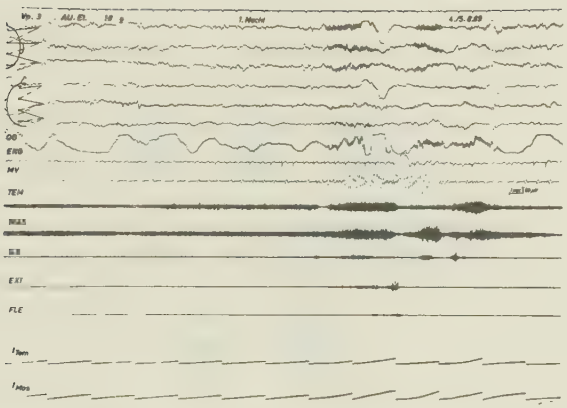


Abb. 7: Originalausschnitt aus der Ableitung
Tonische Daueraktivität im temporalis und masseter.

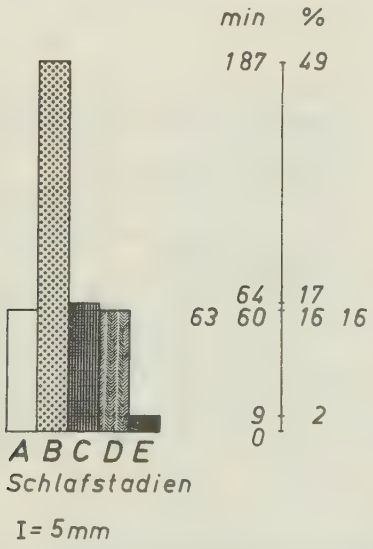


Abb. 8: Aufgliederung der Gesamtschlafzeit auf die Schlafstadien mit nebenstehender Prozentangabe.

Prozentuale Verteilung der Schlafstadien

16 %	49 %	16 %	17 %	2 %
726 min	2231 min	711 min	754 min	101 min
A	B	C	D	E

Abb. 9: Prozentanteil und Minuten der Gesamtschlafzeit aufgeteilt auf St. A - E.

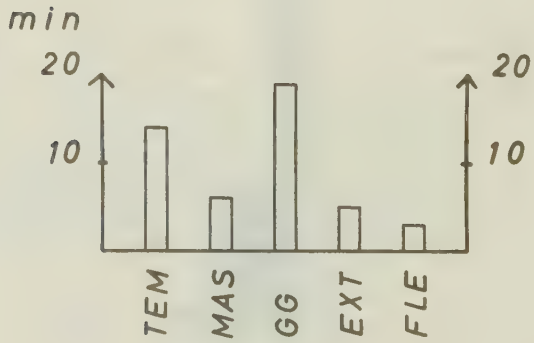


Abb. 10: Gesamtaktivitätsdauer der einzelnen Muskeln in min. (26).

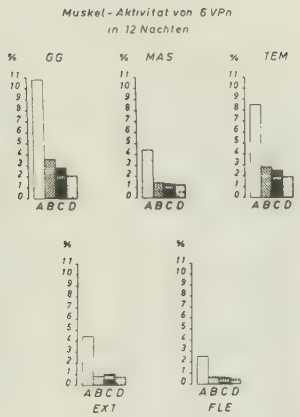


Abb. 11: Prozentsatz der Muskelaktivität gemessen an der Gesamtschlafzeit in den einzelnen Schlafstadien mit eingezeichneten Signifikanzbereichen.

Verteilung der MA in den Vigilanzstadien in % mit Signifikanzberechnung

	A	B	C	D
GG	$10,8^{\pm 1,65}$	$3,6^{\pm 0,9}$	$2,8^{\pm 0,89}$	$2,1^{\pm 0,84}$
MAS	$4,4^{\pm 0,87}$	$1,4^{\pm 0,26}$	$1,3^{\pm 0,33}$	$1,2^{\pm 0,28}$
TEM	$7,5^{\pm 3,66}$	$2,8^{\pm 0,69}$	$2,5^{\pm 0,67}$	$1,9^{\pm 0,47}$
EXT	$4,4^{\pm 0,9}$	$0,8^{\pm 0,17}$	$1,0^{\pm 0,3}$	$0,7^{\pm 0,17}$
FLE	$2,5^{\pm 0,74}$	$0,6^{\pm 0,14}$	$0,6^{\pm 0,24}$	$0,4^{\pm 0,14}$

Abb. 12: Werte mit Signifikanzberechnung, die Abb. 11 zugrunde liegen.

Schlaf-stadien		Zahl d. Kontraktionen k/t	k/min	Aktivitätsdauer in sec
B	TEM li.	31,2	0,17	9,98
	MAS li.	31,8	0,17	4,67
	GG	39,3	0,21	6,95
	EXT li.	18,8	0,10	3,49
	FLEX li.	1,38	0,07	3,94
C	TEM li.	7,9	0,14	10,27
	MAS li.	8,3	0,14	4,85
	GG	1,35	0,23	8,22
	EXT li.	5,7	0,10	4,73
	FLEX li.	2,3	0,04	3,67
D	TEM li.	7,4	0,12	8,29
	MAS li.	7,6	0,12	5,58
	GG	8,6	0,13	8,45
	EXT li.	4,6	0,07	4,96
	FLEX li.	2,3	0,04	4,84
E	TEM li.	0,3	0,03	1,45
	MAS li.	0,3	0,04	1,62
	GG	0,6	0,07	1,45
	EXT li.	1,0	0,01	1,00
	FLEX li.	–	–	–

Abb. 13: Werte für K/t, K/min., und mittlere Aktivitätsdauer in sec.

8. Literatur

1. AHLGREN, I.: Elektromyography of the masticatory movements Acta. odont. Scand 24 Suppl. 44 (1966)

2. ASERINSKY, E., und KLEITMANN, N.: Two types of ocular motility occuring during sleep. I. appl. Physiol. 8. 1. (1955)

3. ASERINSKY, E., und KLEITMANN, N.: Regularly occuring Periods of eye motility and concomitant phenomena during sleep. Science 118, 273, (1953)

4. BAUST, W.: "Die Phänomenologie des Schlafes" aus Ermüdung, Schlaf, Traum Ed. Baust. W. Fischer Taschenbuch-verlag Frankfurt 131. (1971)

5. BERGER, R.J.: Tonns of extrinsic laryngeal muscles during sleep and dreaming Science. 134, 840, (1961)

6. BERGMANN, G., FREY, W., SCHWIEGK, H.: Handbuch der Inneren Medizin, Bd. V, Neurologie Teil 1, S. 1237

7. DOMS, R., HUPFAUF, E., LANGEN, D.: Psychosomatische Aspekte bei funktionellen Kiefergelenksbeschwerden. Dtsch. Zahnärztl. Z. 17.411. (1962)

8. EIFF, A., von: Zentralnervöse Beeinflussung des Myogramms, Referat Verteilung der unwillkürlichen Muskelaktivität in Ruhe. S. 162, Verhandlungen der dt. Gesellschaft für "inn. Med." 160 - 170, 71, (1965)

9. FLANAGAN, J.B.: The 24 hour pattern of swallowing in man Int. Ass. dent. Res 44th Gen. Meeting Abstract Nr. 165, 1963.

10. FUCHS, P.: Nachtschlafuntersuchungen und ihre Bedeutung für die Zahnheilkunde. Experimentelle myographische Untersuchungen. Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 81, 645, 1971

11. FUCHS, P.: Experimentelle Untersuchungen zur Behandlung von funktionellen Kiefergelenksbeschwerden. Habil. Schrift München 1970.

12. FUCHS, P.: Die Bedeutung der Elektromyographie für den Zahnarzt.
Zahnärztl. Prax. 19 Jhrg. Nr. 14
S. 160 (1968)

13. GÖPFERT, H. u. C.: Die Restaktivität in der ruhenden Muskulatur des Mundes und Kauapparates.
Deutsch. Zahnärztl. Z. 9 357 (1954)

14. GRAF u. ZANDER: Occlusale Zahnkontakte und Muskelaktivität beim Kauen und Schlucken
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 74.11
1.5. (1967)

15. GRAF, H.: Zentrallage und Schluckreflex
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 77. 1116
(1967)

16. HEINZLER-RÖDL: Vergleichende Untersuchungen über den schlafmachenden Effekt eines Harnstoffsäurederivates
Med. Diss. München (1968)

17. JOVANOVIC, U.: Schlafforschung und ihre klinischen Aspekte
Nervenarzt 5. (1970)

18. JOVANOVIC, U.: Der normale, abnorme und pathologische Schlaf.
Verb. dtsch. Ges. inn. med. 71. (1965)

19. JOVANOVIC, U.: Der gegenwärtige Stand der physiologischen Traumforschung.
Hippokrates 40, 121, (1969)

20. KERR, A.C., LEA, C.S., MOODY, S.: A method of measuring the frequency of swallowing in man.
J. Dent. Res. 39, 668 (1960)

21. KLEITMANN, N.: Sleep and wakefulness, University of Chicago
Press, Chicago-London , (1963)

21. a KÖHLER, M.: Experimentelle elektromyographische Untersuchungen im Nachtschlaf unter besonderer Berücksichtigung der Unterkieferbewegungen. Med. dent. Diss., München 1972.

22. KRAFT, E.: Über eine Untersuchung der menschlichen Kaumuskelaktivität während des Nachtschlafs Stoma (Heidelberg) 12. 213. (1969) 13. 7. (1960)

23. KRAFT, E.: Über elektromyographische Untersuchungen kiefergelenkkranker Patienten. Dtsch. Zahnärztl. Zschr. 18. 1399 (1963)

24. KUGLER: "Elektroencephalographie in Klinik und Praxis" 2. Auflage Thieme Verlag Stuttgart (1966)

25. KYDD, W.L.: Psychosomatic Aspects of temporomandibular joint dysfunktion I. Amer. Dent. Ass 59. 31. (1959)

26. LAUB, M.: Muskuläre Aktivität und EEG im Nachtschlaf Med. diss. München (1972) im Druck

27. MÖLLER: Clinical Electromyography in dentistry Int. Dent. I. 19. 250 (1969)

28. MÖLLER, E.: The chewing apparatus. Acta physiologica scandinaviea Vol. 69 Suppl 280, Copenhagen 1966

29. OSWALD, I.: Sleeping und waking Elevier Publishing Company Amsterdam - New York, 1962

30. SCHAERER, STALLARD, ZANDER: Okklusale Mastikation Elektromyographische Untersuchungen Quintessenz 2. 3408. (1968)

Für die Überlassung des Themas danke ich Herrn Priv.-Doz. Dr. Dr. P. Fuchs. Die Versuche wurden zusammen mit Herrn M. Laub unternommen. Für die tatkräftige und unerläßliche Mithilfe bei der Auswertung der Versuchsergebnisse bedanke ich mich besonders herzlich bei Herrn Prof. Dr. J. Kugler und Frau Laub.

Lebenslauf

Am 1. 8. 1943 wurde ich, Walter Boos, als Sohn des Forstdirektors Eduard Boos und dessen Ehefrau Irma, geb. Samer, in Füssen geboren.

Volksschule und Oberschule besuchte ich in Landsberg am Lech, wo ich im Juni 1964 das Abitur ablegte. Nach dem Abitur wurde ich zur Bundeswehr eingezogen und leistete, unter Status W12, meinen Wehrdienst ab.

Nach Beendigung des Wehrdienstes begann ich im Oktober 1965 das Studium der Zahnmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität in München. Das Vorphysikum legte ich nach dem 2. Semester am 29. 10. 1966, das Physikum nach dem 5. Semester am 24. 4. 1968 ab. Das Staatsexamen begann nach dem 10. Semester und endete am 2. 4. 1971. Die Approbation erhielt ich am 20. 4. 1971.

Seit dem 1. Oktober 1971 bin ich in der Abteilung für Zahnerhaltung und Parodontologie der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten Mainz tätig.